

## PENGARUH PARAMETER MODULUS REAKSI *SUBGRADE* TERHADAP PENURUNAN PADA TANAH GAMBUT AKIBAT *PRELOADING*

Efan Tifani

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Bengkalis

Telp (+62)766-7008877, Fax (+62)766-5946114

Email : efantifani@polbeng.ac.id

### Abstrak

Perilaku penurunan tanah gambut pada konstruksi sipil merupakan masalah yang sangat kompleks, kompresibilitas akibat muka air tanah merupakan suatu keadaan yang mempengaruhi penurunan tanah gambut akibat beban di atas permukaan tanah. Pengujian *preloading* dilakukan dengan *plate loading test* metode *loading-unloading* pada kondisi  $\gamma_d$  maks dan *OMC* untuk mendapatkan karakteristik hubungan tekanan terhadap penurunan tanah gambut. Hasil dari analisis terhadap besarnya penurunan tanah gambut akibat tekanan menyebabkan kenaikan nilai modulus reaksi *subgrade* ( $k_s$ ). Untuk hasil tipe pengujian 1 setelah siklus pembebanan pada tekanan akhir sebesar 58,66 kN/m<sup>2</sup> didapatkan besarnya nilai modulus reaksi *subgrade* ( $k_s$ ) adalah 5329,31 kN/m<sup>3</sup> dengan nilai penurunan akhir tanah gambut sebesar 11,01 mm. Sedangkan untuk hasil tipe pengujian 2 setelah siklus pembebanan pada tekanan akhir sebesar 58,66 kN/m<sup>2</sup> didapatkan besarnya nilai modulus reaksi *subgrade* ( $k_s$ ) adalah 8793,96 kN/m<sup>3</sup> dengan nilai penurunan akhir tanah gambut sebesar 6,67 mm. Hasil hubungan tersebut dapat disimpulkan besarnya kenaikan nilai modulus reaksi *subgrade* ( $k_s$ ) pada tekanan yang sama dapat mereduksi perilaku penurunan (*settlement*) yang terjadi pada tanah gambut pada setiap *loading* selama *plate load test* dari hasil uji eksperimental. Dari hasil tersebut prapembebanan metode *loading-unloading* dapat diterapkan untuk tujuan mereduksi penurunan tanah gambut menjadi lebih kecil sebelum beban permanen dilaksanakan.

**Kata kunci :** Gambut, penurunan, siklus pembebanan, modulus reaksi *subgrade*

### Abstract

*The behavior on settlement of peat soil in civil construction very complex, compressibility caused by groundwater is condition affects reduction peat soil caused by influence load on ground surface. Testing is preloading plate load test method of loading-unloading  $\gamma_d$  maks and OMC conditions to obtain the characteristics the relationship load pressure with settlement of peat soil. The results of the analysis to obtain on settlement of peat soil caused by pressure for cause on the rise value modulus of subgrade reaction ( $k_s$ ). For the testing of type 1 after loading cycles the final pressure of 58,66 kN/m<sup>2</sup> obtained the value modulus reaction of subgrade ( $k_s$ ) is 5329,31 kN/m<sup>3</sup> with the value of the final settlement of peat amounted to 11,01 mm. As for the results of the testing of type 2 after loading cycles the final pressure of 58,66 kN/m<sup>2</sup> obtained the value modulus of subgrade reaction ( $k_s$ ) is 8793,96 kN/m<sup>3</sup> with the value of the final settlement of peat amounted to 6,67 mm. The result of these relationships can be inferred magnitude of the increase in the modulus of subgrade reaction ( $k_s$ ) at the same pressure can reduce behavioral soil settlement occurring on peat soil on each plate loading during a load test of an experimental test result. The results of loading-unloading by preloading method can be applied for the purpose of settlement reducing the decline of peat becomes smaller before permanent loads carried.*

**Keywords :** *peat, settlement, loading cycles, modulus of subgrade reaction*

### PENDAHULUAN

Perilaku tanah gambut yang berbeda dan memiliki keunikan karakteristik tersendiri. Dalam hal sifat fisik tanah gambut mempunyai kandungan organik tinggi, kadar air tinggi, angka pori besar, dan adanya serat mengakibatkan tanah gambut mempunyai si-

fat plastis yang kecil. Dari sifat mekaniknya tanah gambut mempunyai sifat kompresibilitas yang tinggi dan daya dukung rendah, sehingga penurunan tanah gambut yang terjadi sangat signifikan. Hal ini berpengaruh terhadap perilaku fondasi pada konstruksi bangunan sipil yang ada di atas permukaan

tanah. Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah gambut dapat menyebabkan lapisan tanah gambut di bawah permukaan tanah mengalami pemampatan yang besar.

Pada kondisi tanah lunak yang mudah mampat dan tebal seperti tanah gambut diperlukan pembebanan awal sebelum konstruksi bangunan sipil permanen dilaksanakan. Metode ini disebut *preloading*, maksud dari *preloading* adalah untuk mengurangi atau mereduksi penurunan konsolidasi primer. Dengan membebani tanah terlebih dulu sebelum pelaksanaan konstruksi bangunan sipil, *preloading* disimulasikan dari uji eksperimental di laboratorium berupa uji beban pelat (*plate load test*) metode *loading-unloading*, sedangkan fondasi yang digunakan berupa beban plat berbentuk lingkaran.

### Tanah Gambut

Tanah gambut (*peat soil*) adalah tanah yang mempunyai kandungan organik cukup tinggi dan pada umumnya terbentuk dari campuran fragmen-fragmen material organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang telah berubah sifatnya setelah mengalami pembusukan (Panduan Geoteknik, 2001).

### Sifat fisik dan sifat mekanis tanah gambut

Berat volume tanah gambut yang kecil menunjukkan kepadatan tanah gambut tidak seperti tanah pada umumnya. Nilai berat volume tanah gambut berkisar  $1,03 \text{ gr/cm}^3$  (Sutanto, 2003). Untuk berat air yang terkandung mencapai 6 kali lebih berat dibandingkan berat butiran tanah gambut.

Angka pori yang besar dan kandungan air tinggi menyebabkan nilai koefisien rembesan tanah gambut menyerupai pasir. Sifat teknis paling dominan adalah kapasitas dukung yang rendah dan kemampuan pemampatannya yang tinggi. Kapasitas dukung tanah gambut dalam kondisi *drained* sebesar  $0,21 \text{ kg/cm}^2$ , daya dukung tanah mineral mencapai  $0,48 \text{ kg/cm}^2$ - $0,56 \text{ kg/cm}^2$  (Sukandarrumidi, 2009).

### Klasifikasi geoteknik tanah gambut

MacFarlane dan Radforth (1965) membedakan tanah gambut menjadi 2 kelompok menurut serat yang terkandung yaitu dengan kandungan serat  $\geq 20\%$  dinamakan *Fibrous Peat* (gambut berserat). Tanah gambut dengan kandungan serat  $< 20\%$  dinamakan *amorphous granular peat* (gambut tidak berserat).

## LANDASAN TEORI

### Metode Preloading

Penurunan pada tanah gambut selama masa layan dapat dikurangi dengan *preloading*. Prinsipnya sederhana yaitu timbunan yang ditempatkan pada lokasi yang direncanakan harus memiliki berat yang lebih besar dari berat struktur rencana. Sebagian timbunan dibuang pada saat derajat konsolidasi yang diinginkan telah tercapai.

### Modulus Reaksi Tanah Dasar dan Recompression

Modulus reaksi tanah dasar ( $k_s$ ) didefinisikan sebagai hubungan antara tekanan tanah dengan penurunan pelat dari uji beban pelat (*plat load test*) yang dipakai secara luas dalam analisis fondasi (Bowles, 1982). Nilai  $k_s$  merupakan rasio antara tekanan ( $q$ ) pada suatu pelat kaku terhadap lendutan ( $\delta$ ), yaitu:

$$k_s = \frac{q}{\delta} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

$k_s$  = modulus reaksi *subgrade* ( $\text{kN/m}^3$ ),

$q$  = tekanan ( $\text{kN/m}^2$ ),

$\delta$  = lendutan (penurunan) (m, mm).

Pendekatan perilaku tanah sebagai bahan elastis yaitu dengan mengasumsikan bahwa hubungan antara lendutan (penurunan) dan tegangan adalah linier.

Modulus reaksi *recompression* ( $k_r$ ) merupakan rasio antara tekanan ( $q$ ) pelat fondasi lingkaran terhadap penurunan ( $\delta$ ). Untuk setiap kenaikan beban dalam kondisi tanah

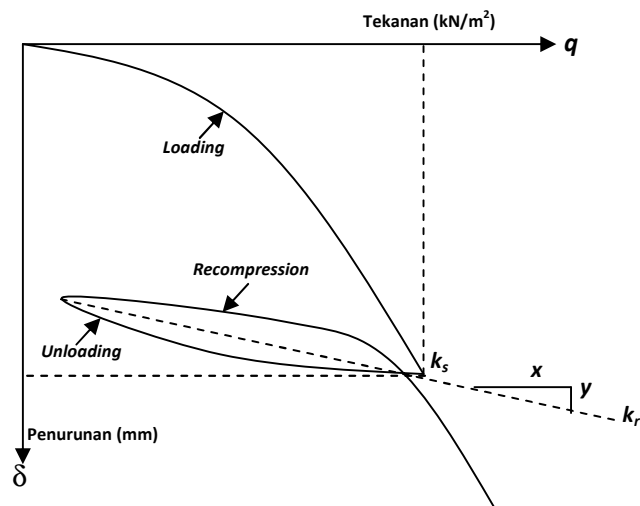
gambut sudah termampatkan oleh beban sebelumnya, sehingga penurunan menjadi relatif kecil dari penurunan pada tekanan sebelumnya.

Dalam konsolidasi parameter  $k_r$  merupakan pendekatan dari parameter  $C_r$  (*recompression index*) atau indeks pemampatan kembali. Berdasarkan kemiringan dari kurva pelepasan beban (*unloading*) dan pembebanan kembali (*recompression*) pada grafik  $e-\log p'$ . Nilai modulus reaksi *recompression* ( $k_r$ ) digunakan jika tanah mengalami siklus pembebanan yang berulang-ulang dengan selisih nilai tekanan terhadap beban *unloading*, dicari dengan persamaan :

$$k_r = \frac{x}{y} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

$k_r$  = modulus reaksi *recompression* ( $\text{kN/m}^3$ ),  
 $x$  = kemiringan dari kurva *unloading* dan *loading* untuk sumbu  $x$  atau sumbu tekanan ( $\text{kN/m}^2$ ),  
 $y$  = kemiringan dari kurva *unloading* dan *loading* untuk sumbu  $y$  atau sumbu penurunan tanah (mm).



Gambar 1. Penentuan nilai  $k_s$  dan nilai  $k_r$  pada hubungan tekanan terhadap penurunan tanah

Untuk penentuan nilai modulus reaksi *subgrade* dan nilai modulus reaksi *recompression* ( $k_r$ ) didapatkan dari grafik hubungan

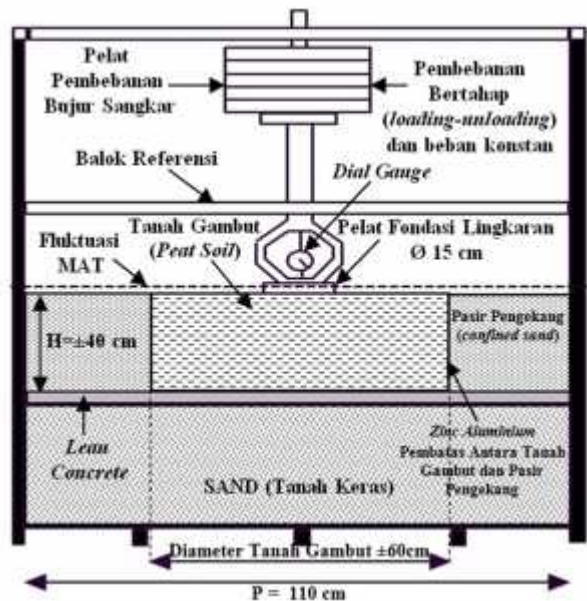
an tekanan terhadap penurunan, terlihat pada Gambar 1.

### Bahan dan Peralatan Penelitian

Sampel yang digunakan adalah tanah gambut Desa Tanjung Leban, Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Propinsi Riau dengan kondisi tanah yang lembab dan berserat (*fibrous peat soil*). Bahan pengekan (*confined material*) terdiri dari pasir kasar bergradasi seragam. Bahan beton yang digunakan untuk lantai kerja (*lean concrete*) di cor pada lapisan dasar di dalam kotak uji berfungsi untuk memperkaku dan mereduksi penurunan.

Peralatan yang digunakan *box* uji ukuran  $1,1\text{m} \times 1,1\text{m} \times 1,2\text{m}$ , terdiri dari pelat lingkaran  $\phi 15\text{ cm}$  sebagai fondasi. Penempatan *dial gauge* dan plat pembebanan  $25\text{cm} \times 25\text{cm}$  di atas pelat lingkaran. Lapisan pengekan (*confined*)  $\phi 60\text{ cm}$  terbuat dari *zinc aluminium* dilengkapi sistem perpipaan PVC  $\phi \frac{1}{2}$  inci dan kran untuk mengatur fluktuasi muka air tanah.

Uji eksperimental *plate load test* di laboratorium menggunakan skala parsial dengan skala permodelan geometri 1:10. Skematis model pengujian terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skematis pengujian *plate load test* di laboratorium

### Pengujian Pendahuluan

Pengujian sifat fisik dan mekanis bahan merupakan penelitian pendahuluan sebelum penelitian utama. Pengujian yang dilakukan adalah *bulk density*, kadar air, *grain size*, *specific gravity*, *Atterberg limit*, *Proctor test*, *UU Triaxial*, Konsolidasi serta uji kadar abu dan kadar organik (*organic and ash content*).

### Pengujian Utama

Tahapan awal pada pengujian utama adalah memasukkan dan memadatkan tanah gambut ke dalam *box* uji sebanyak 3 lapisan dengan kedalaman 40 cm pada kondisi  $\gamma_d \text{ maks} = 0,449 \text{ gr/cm}^3$  dan  $OMC=95,32\%$  (berdasarkan hasil uji *Proctor*), serta divalidasi keseragamannya dengan *core cutter*. Selanjutnya diterapkan pembebanan statis vertikal secara perlahan dan bertahap selama *plate load test* untuk mengamati besarnya penurunan. Pengujian *plate load test* dengan metode *loading-unloading* divariasikan berdasarkan perilaku penurunan tanah gambut yang ada di lapangan selama pembebanan pada berbagai kondisi. Variasi pengujian tersebut sebagai berikut :

- Pengujian *plate load test* dengan metode *loading-unloading* pada kondisi  $\gamma_d \text{ maks}$  dan  $OMC$  (Tipe Pengujian-1)
- Pengujian *plate load test* dengan metode *loading-unloading* pada kondisi  $\gamma_d \text{ maks}$  dan  $OMC$  (Tipe Pengujian-2)

Untuk proses semua pengujian *plate load test* metode *loading-unloading* tersebut dengan memberikan beban (*loading*) dan pelepasan beban (*unloading*). Pembebanan diterapkan bertahap dengan penambahan beban 0,05 kN (5 kg) dan 0,1 kN (10 kg). Pembacaan *dial gauge* dilakukan setiap menit pada tiap kenaikan beban. Penambahan beban dilakukan jika bacaan jarum *dial* kurang dari 0,03 mm/menit (3 strip). Apabila pembacaan jarum *dial* lebih dari 0,03 mm/menit (> 3 strip) maka tidak dilakukan penambahan beban sampai menit berikutnya hingga jarum *dial* menunjukkan posisi yang

hampir tetap (konstan). Pembebanan maksimum dihentikan pada saat beban telah mencapai 0,06 kN, 1,0 kN, 1,60 kN dan 2,00 kN untuk semua pengujian.

Tabel 1. Sifat fisik dan mekanis tanah gambut.

No	Jenis Pengujian	Simbol	Hasil	Satuan
1	<i>Bulk density</i>	$\gamma$	1,108	$\text{gr/cm}^3$
2	Kadar air	$w$	528,47	%
		<i>Gravel</i>	2,76	%
3	Analisa Saringan	<i>Sand</i> (organik)	53,93	%
		<i>Silt/Clay</i>	43,32	%
4	<i>Specific gravity</i>	$G_s$	1,406	-
		$LL$	182,15	%
5	<i>Atterberg limit</i>	$PL$	72,08	%
		$IP$	110,07	%
6	<i>Proctor test</i>	$\gamma_d \text{ maks}$	0,449	$\text{gr/cm}^3$
		$OMC$	95,32	%
7	<i>UU Triaxial</i>	$c_u$	6,03	$\text{kN/m}^2$
		$\phi$	38,14	°
		$e_o$	2,924	-
8	Konsolidasi	$e$	1,822	-
		$S_c$	5,50	mm
9	Kadar abu	<i>ash content</i>	13,73	%
10	Kadar organik	<i>organic content</i>	86,27	%

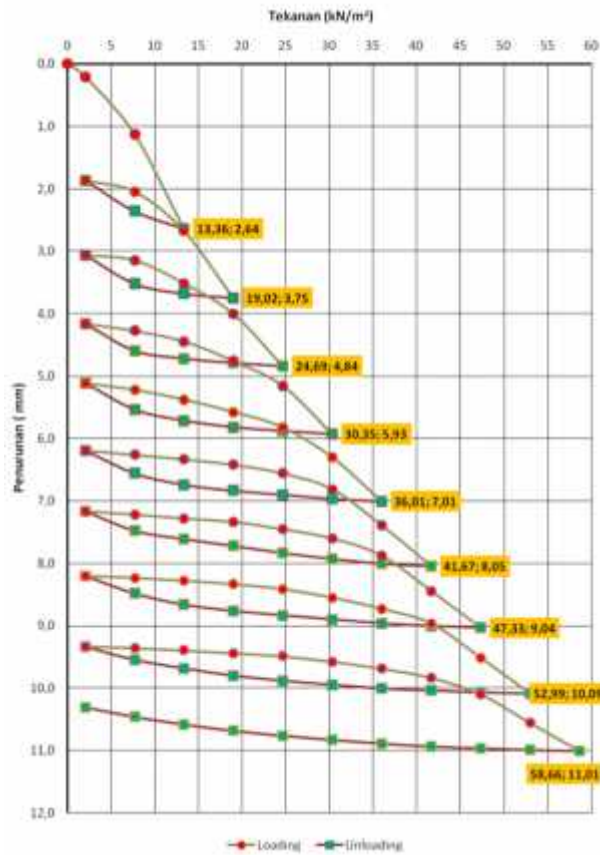
### Hasil Penelitian Utama

Hasil pengujian utama *plate load test* metode *loading-unloading* beberapa tipe pengujian sebagai berikut :

#### 1. Hasil pengujian *plate load test* pada kondisi $\gamma_d \text{ maks}$ dan $OMC$ (Tipe Pengujian-1)

Hasil pengujian utama *plate load test* metode *loading-unloading* untuk tipe pengujian 1 dan dapat dilihat pada Gambar 3.

Pembebanan dilakukan dengan tekanan akhir sebesar  $58,66 \text{ kN/m}^2$ , didapatkan penurunan yang terjadi sebesar 11,01 mm. Pembebanan diterapkan bertahap dengan setiap penambahan beban sebesar 0,1 kN (10 kg). Jumlah siklus pembebanan dalam pengujian ini yaitu sebanyak 9 kali (*loading I-loading I X*)



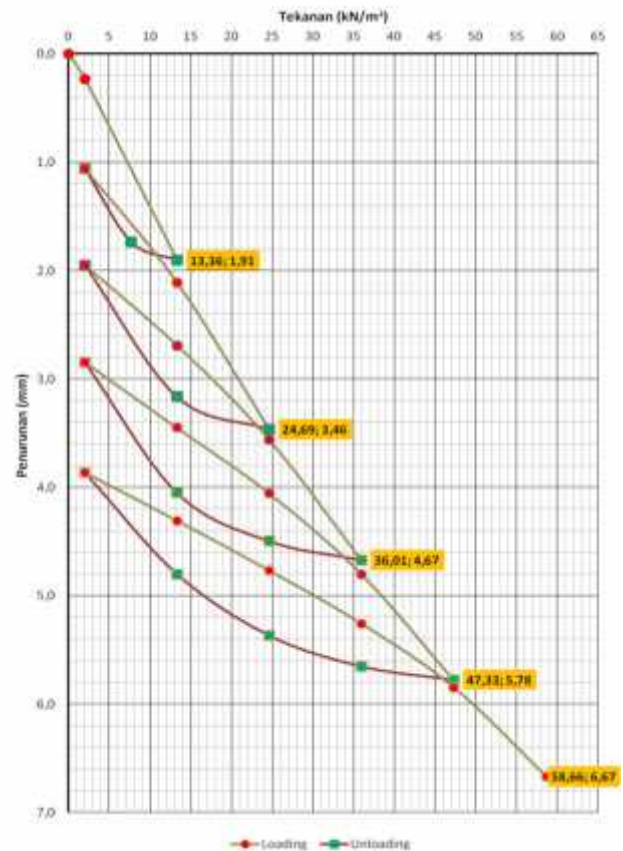
Gambar 3. Hubungan tekanan terhadap penurunan dan pengembangan tanah gambut tipe pengujian 1

## 2. Hasil pengujian *plate load test* pada kondisi $\gamma_d$ maks dan OMC (Tipe Pengujian-2)

Hasil pengujian utama *plate load test* metode *loading-unloading* untuk tipe pengujian 2 dan dapat dilihat pada Gambar 4.

Pembebanan dilakukan dengan tekanan akhir sebesar 58,66 kN/m<sup>2</sup>, didapatkan penurunan yang terjadi sebesar 6,67 mm. Pembebanan diterapkan bertahap dengan setiap penambahan beban sebesar 0,1 kN (10 kg).

Hasil pengujian *plate load test* metode *loading-unloading* untuk tipe pengujian 2 pada Gambar 4. Pada tekanan akhir sebesar 58,66 kN/m<sup>2</sup>, menggunakan tanah gambut berdiameter 60 cm (dikekang/*confined* oleh pasir), didapatkan penurunan sebesar 6,67 mm. Jumlah siklus pembebanan dalam pengujian ini yaitu sebanyak 5 kali (*loading I-loading V*).



Gambar 4. Hubungan tekanan terhadap penurunan dan pengembangan pada tanah gambut tipe pengujian 2

## Hasil nilai $k_s$ uji eksperimental untuk Tipe Pengujian 1 dan Tipe Pengujian 2

Besarnya nilai modulus reaksi *subgrade* ( $k_s$ ) eksperimental dengan tekanan 13,36 kN/m<sup>2</sup> (*loading I*) untuk tipe pengujian 1 (Gambar 3) adalah :

$$k_{s1} = \frac{q}{\delta} = \frac{13,36 \text{ kN} / \text{m}^2}{2,64 \times 10^{-3} \text{ m}} = 5061,36 \text{ kN} / \text{m}^3$$

Besarnya nilai  $k_s$  untuk tipe pengujian 2 (Gambar 4) :

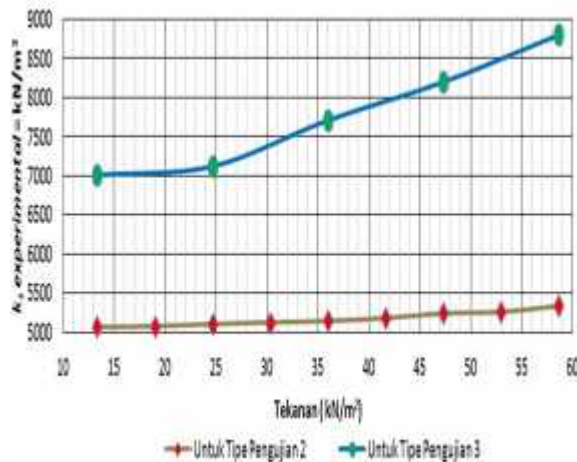
$$k_{s1} = \frac{q}{\delta} = \frac{13,36 \text{ kN} / \text{m}^2}{1,905 \times 10^{-3} \text{ m}} = 7014,16 \text{ kN} / \text{m}^3$$

Hasil nilai penurunan tipe pengujian 2 sebesar 1,91 mm, nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai penurunan tipe peng-



ujian 1 sebesar 2,64 mm pada tekanan yang sama sebesar 13,36 kN/m<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan pada pelaksanaan pengujian tanah gambut tipe pengujian 2 dikekang/*confined* oleh pasir sehingga kepadatan tanah gambut menjadi lebih tinggi. Kenaikan nilai modulus elastisitas ( $E_{plax-is}$ ) tanah gambut pada tipe pengujian 2 dapat mereduksi penurunan menjadi lebih kecil.

Dari hasil nilai  $k_s$  tersebut dibuat grafik hubungan modulus reaksi *subgrade* ( $k_s$ ) eksperimental terhadap tekanan yang telah diplot dari tipe pengujian 1 dan tipe pengujian 2, seperti terlihat pada Gambar 5.



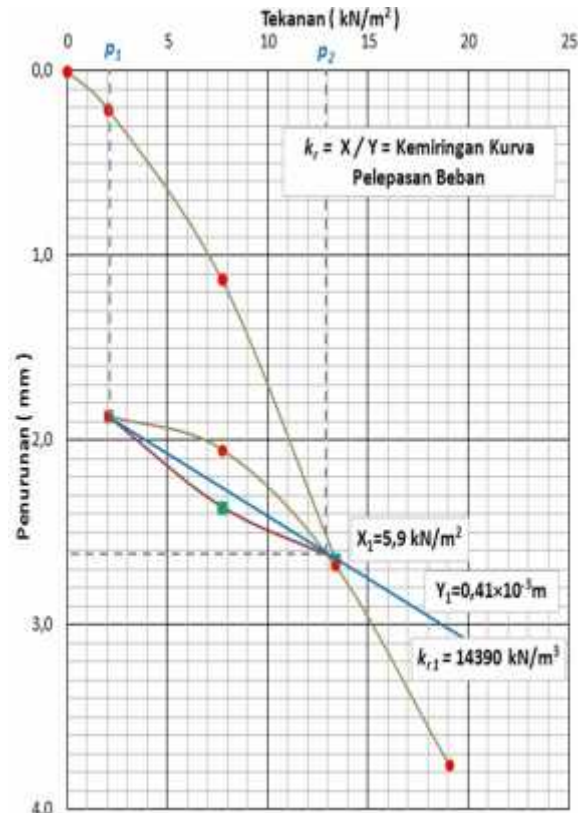
Gambar 5. Hubungan  $k_s$  eksperimental terhadap tekanan (tipe pengujian 1 dan tipe pengujian 2)

Dari Gambar 5 dapat dinyatakan besarnya kenaikan nilai modulus reaksi *subgrade* ( $k_s$ ) akibat tekanan dapat mereduksi perilaku penurunan (*settlement*) yang terjadi pada tanah gambut.

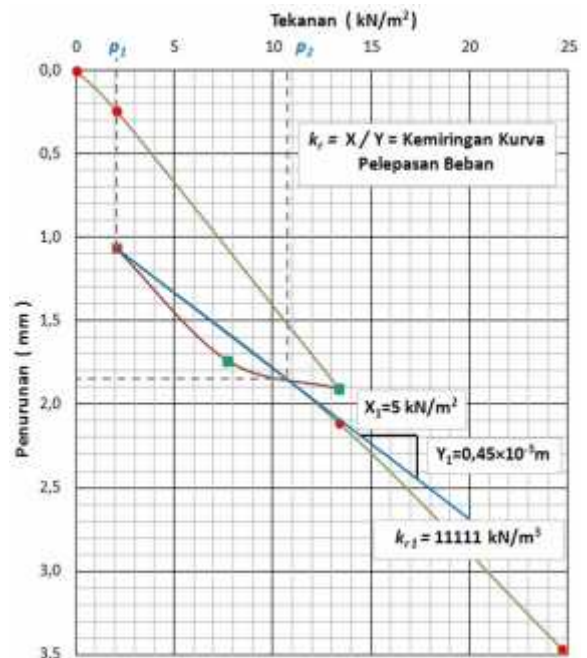
Perilaku tersebut dapat meningkatkan kekuatan (*strength*) serta daya dukung tanah akibat meningkatnya nilai modulus elastisitas tanah gambut.

### Hasil $k_r$ Terhadap Tekanan Untuk Tipe Pengujian 1 dan Tipe Pengujian 2

Nilai modulus reaksi *recompression* ( $k_r$ ) eksperimental untuk *unloading I* tipe pengujian 1 dan tipe pengujian 2 diperoleh secara grafis, seperti terlihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Nilai  $k_r$  eksperimental untuk *unloading I* terhadap tekanan untuk tipe pengujian 1

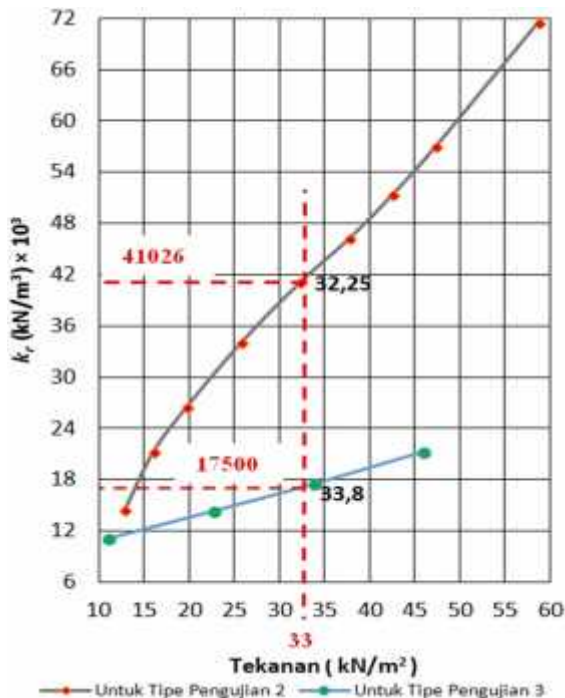


Gambar 7. Nilai  $k_r$  eksperimental untuk *unloading I* terhadap tekanan untuk tipe pengujian 2

Dari hasil nilai  $k_r$  tersebut dibuat grafik hubungan modulus reaksi *recompression* ( $k_r$ ) terhadap tekanan yang di plot dari tipe pengujian 1 dan tipe pengujian 2 (Gambar 6 dan 7). Rekapitulasi nilai  $k_r$  pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil nilai  $k_r$  dan tekanan tanah gambut pada tipe pengujian 1 dan tipe pengujian 2

UN-LOAD	P-(TP1) (kN/m <sup>2</sup> )	$k_r$ (TP1) (kN/m <sup>3</sup> )	P-(TP2) (kN/m <sup>2</sup> )	$k_r$ (TP2) (kN/m <sup>3</sup> )
I	12,80	14390	11,00	11111
II	16,00	21250	23,10	14333
III	19,70	26500	33,80	17500
IV	25,70	33962	45,85	21212
V	32,25	41026	-	-
VI	37,70	46154	-	-
VII	42,50	51282	-	-
VIII	47,35	57000	-	-
IX	58,66	71429	-	-



Gambar 8. Hubungan  $k_r$  eksperimental terhadap tekanan pada tanah gambut (tipe pengujian 1 dan tipe pengujian 2)

Sebagai pendekatan perbandingan 2 pengujian dengan jumlah siklus pembebanan berbeda pada tekanan yang hampir sama sebe-

sar 33 kN/m<sup>2</sup> (Gambar 8). Nilai modulus reaksi *recompression* ( $k_r$ ) untuk tipe pengujian 1 dan 2 dengan jumlah siklus pembebanan 9 kali dan 5 kali sebesar 41026 kN/m<sup>3</sup> dan 17500 kN/m<sup>3</sup>.

Hal ini disimpulkan dengan bertambahnya siklus pembebanan (*loading-unloading*) maka selisih nilai tekanan terhadap beban *unloading* merupakan zona tanah yang telah termampatkan (mengalami *overconsolidated*) disebabkan oleh tekanan sebelumnya. Nilai modulus reaksi *recompression* menjadi semakin tinggi dan perilaku penurunan pada tanah gambut menjadi semakin kecil.

Dari Gambar 8 juga disimpulkan nilai  $k_r$  tipe pengujian 1 lebih besar dari nilai  $k_r$  tipe pengujian 2. Hal ini disebabkan jumlah siklus pembebanan tipe pengujian 1 lebih banyak dari tipe pengujian 2.

### Hubungan Regangan ( $\epsilon$ ) Terhadap Tekanan

Nilai regangan ( $\epsilon$ ) untuk *loading I* dengan tekanan 13,36 kN/m<sup>2</sup> dan tebal lapisan tanah gambut ( $H$ ) = 400 mm untuk tipe pengujian 1 yaitu :

$$\begin{aligned}\epsilon_1 &= \frac{\Delta H_1}{H} \times 100\% \\ &= \frac{2,64 \text{ mm}}{400 \text{ mm}} \times 100\% = 0,66\%\end{aligned}$$

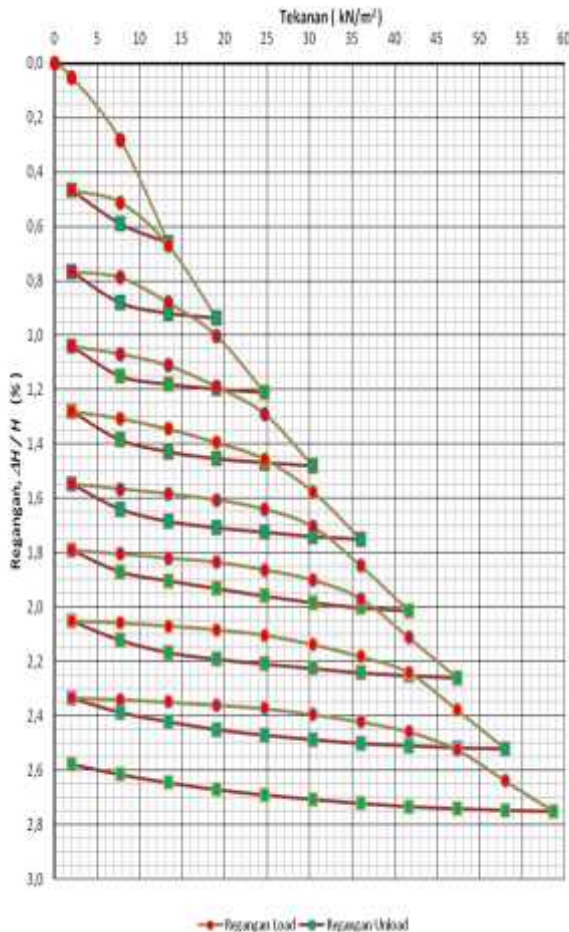
Hasil tabel hubungan nilai regangan ( $\epsilon$ ) terhadap tekanan ( $P$ ) untuk tipe pengujian 1 terlihat pada Tabel 3. Selanjutnya grafik hubungan nilai regangan ( $\epsilon$ ) terhadap tekanan ( $P$ ) terlihat pada Gambar 9.

Tabel 3. Hasil hubungan nilai regangan ( $\epsilon$ ) terhadap tekanan ( $P$ ) untuk tipe pengujian 1

Load (+)	Unload (-)	Tekanan (kN/m <sup>2</sup> )	Penurunan ( $\Delta H$ =mm)	Regangan (%)
I	-	13,36	2,64	0,660
-	I	2,04	1,87	0,467
II	-	19,02	3,75	0,938
-	II	2,04	3,07	0,766
III	-	24,69	4,84	1,210

Tabel 3. Lanjutan

Load (+)	Unload (-)	Tekanan (kN/m <sup>2</sup> )	Penurunan (ΔH=mm)	Regangan (%)
-	III	2,04	4,16	1,040
IV	-	30,35	5,93	1,481
-	IV	2,04	5,12	1,280
V	-	36,01	7,01	1,751
-	V	2,04	6,19	1,548
VI	-	41,67	8,05	2,013
-	VI	2,04	7,17	1,792
VII	-	47,33	9,04	2,260
-	VII	2,04	8,20	2,051
VIII	-	52,99	10,09	2,521
-	VIII	2,04	9,33	2,333
IX	-	58,66	11,01	2,751
-	IX	2,04	10,31	2,578



Gambar 9. Hubungan antara nilai regangan (ε) terhadap tekanan (P) untuk tanah gambut pada tipe pengujian 1

### Hasil $\Delta p_{rata-rata}$ Pada Fondasi Akibat Distribusi Tegangan Berbentuk Lingkaran

Nilai  $\Delta p$  atau  $\Delta \sigma_z$  ditentukan dari grafik hubungan antara tekanan ( $q$ ) terhadap penurunan pada hasil tipe pengujian 1.

Untuk besarnya nilai faktor pengaruh ( $I$ ) pada tipe pengujian 1, ditinjau dari setengah tebal total lapisan tanah gambut uji eksperimental sebesar 0,20 m dan jari-jari pelat lingkaran adalah 0,075 m, yaitu :

$$\frac{z}{r} = \frac{(\frac{1}{2} \times 0,4m)}{0,075m} = 2,667$$

Didapatkan nilai faktor pengaruh ( $I$ ) sebesar:

$$I = 18,00\% \approx 0,18$$

Besarnya nilai  $\Delta p$  untuk loading I dengan hasil nilai faktor pengaruh ( $I$ ) sebesar 0,18 pada tekanan ( $q$ ) sebesar 13,36 kN/m<sup>2</sup> yaitu :

$$\Delta p_1 = 13,36 \text{ kN/m}^2 \times 0,18 = 2,405 \text{ kN/m}^2$$

Dicari nilai  $\Delta p$  loading II sampai loading IX, dari hasil tersebut didapatkan nilai  $\Delta p_{rata-rata}$  (Tabel 4) pada kedalaman yang ditinjau sebesar 0,2 m, ( $H_{total}=0,4m$ ).

Tabel 4. Hasil nilai  $\Delta p_{rata-rata}$  untuk tipe pengujian 1 pada kedalaman 0,20 m.

Load (+)	Tekanan (kN/m <sup>2</sup> )	Faktor Pengaruh ( $I$ )	$\Delta p$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\Delta p_{rata-rata}$ (kN/m <sup>2</sup> )
I	13,36	0,18	2,405	6,4816
II	19,02	0,18	3,424	
III	24,69	0,18	4,444	
IV	30,35	0,18	5,463	
V	36,01	0,18	6,482	
VI	41,67	0,18	7,500	
VII	47,33	0,18	8,519	
VIII	52,99	0,18	9,538	
IX	58,66	0,18	10,559	

Untuk rekapitulasi hubungan nilai hasil penurunan uji eksperimental terhadap nilai modulus reaksi *subgrade* ( $k_s$ ) untuk tipe pengujian 1 dapat dilihat pada Tabel 5.



Tabel 5 Hasil nilai tekanan, tambahan tegangan rata-rata ( $\Delta p_{rata-rata}$ ), penurunan hasil uji eksperimental dan nilai modulus reaksi *subgrade* ( $k_s$ ) untuk tipe pengujian 1

LOADING (+)	TEKANAN (kN/m <sup>2</sup> )	$\Delta p_{rata-rata}$ (kN/m <sup>2</sup> )	Hasil Penurunan Uji Eksperimental (mm)	$k_s$ (kN/m <sup>3</sup> )
I	13,36	6,4816	2,64	5061,36
II	19,02		3,75	5072,99
III	24,69		4,84	5100,29
IV	30,35		5,93	5121,88
V	36,01		7,01	5140,45
VI	41,67		8,05	5176,47
VII	47,33		9,04	5235,87
VIII	52,99		10,09	5254,73
IX	58,66		11,01	5329,91

## KESIMPULAN

- Hasil dari pengujian pendahuluan untuk sifat fisik tanah gambut memiliki kadar air (*water content*) sebesar 528,47%, kadar air yang tinggi disebabkan tanah gambut memiliki pori-pori tanah yang sangat besar. Untuk hasil berat jenis butir tanah ( $G_s$ ) sebesar 1,406, nilai  $G_s$  yang kecil disebabkan adanya kandungan organik yang besar dalam butir tanah gambut. Untuk hasil uji persentase kadar abu dan kadar organik (*organic and ash content*) tanah gambut didapatkan nilai persentase kadar abu sebesar 13,73% dan persentase kadar organik sebesar 86,27%.
- Hasil *plate load test* untuk tipe pengujian 1 dan 2 menunjukkan semakin bertambah tekanan menyebabkan adanya kenaikan nilai modulus reaksi tanah dasar ( $k_s$ ). Hal ini menyebabkan kompresibilitas tanah gambut menjadi lebih tinggi sehingga perilaku penurunan yang terjadi lebih kecil.
- Hasil *plate load test* untuk tipe pengujian 1 dan didapatkan perilaku penurunan tanah gambut sangat besar pada kenaikan tekanan (*loading*). Selanjutnya penurunan semakin kecil secara bertahap, ini menunjukkan tanah gambut memiliki kompresibilitas yang tinggi diawal pembebanan.
- Hasil *plate load test* untuk tipe pengujian

1 dan disimpulkan bahwa dengan bertambahnya siklus pembebanan (*loading-unloading*) maka selisih nilai tekanan terhadap beban *unloading* merupakan zona tanah yang telah termampatkan (mengalami *overconsolidated*) yang disebabkan oleh tekanan sebelumnya. Dalam hal ini maka nilai modulus reaksi *recompression* ( $k_r$ ), menjadi semakin tinggi dan perilaku penurunan pada tanah gambut menjadi semakin kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E (1982) *Analisa dan Desain Pondasi Jilid I*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil), 2002. *Panduan Geoteknik 1, Timbunan Jalan pada Tanah Lunak*. Pedoman Kimpraswil, Pt T-8-2002-B. WSP Internasional, Jakarta
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil), 2004. *Perencanaan Konstruksi Timbunan Jalan di atas Gambut Dengan Metode Prapembebanan*. Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Pd T-06-2004-B, Jakarta
- Hardiyatmo, H.C (2010) *Mekanika Tanah II*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Nugroho, S.A (2011) Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu, *Skripsi*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Sukandarrumidi (2009) *Rekayasa Gambut, Briket Batu Bara, dan Sampah Organik*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sutanto, H (2003) *Analisis Lendutan Pelat yang diperkuat dengan Tiang-tiang Pada Tanah Gambut Akibat Beban Terpusat*. Forum Teknik Sipil No. XII, Yogyakarta
- Yenni, F (2008) *Perilaku Kompresibilitas Tanah Gambut Akibat Siklus Pembasahan dan Pengeringan Setelah Dipadatkan*, *Skripsi*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.